

## НИЗКОЭНЕРГОЕМКИЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА

*Чистякова Е.К., Сумина Е.А., Фролова М.М., Власова С.Г.  
УрФУ, e-mail: vlassvet@k66.ru*

В последнее время очень популярной стала технология спекания стекол для создания архитектурно-строительных и художественных изделий, интерьерных аксессуаров (обрамления зеркал, светильники, настенные панно), облицовочной плитки, которые широко используются в строительстве и быту. Процесс спекания цветных и бесцветных листовых стекол по технологии «фьюзинг» заключается в том, что на слой цветного или бесцветного стекла укладывается цветная стеклянная мозаика и спекается. Изготовление стеклянных изделий по этой технологии является энерго- и ресурсосберегающим, так как температуры спекания намного ниже температур варки стекла и не превышают 800-850 °С, а для нанесения рисунка, создания многослойной картины можно использовать стекольный бой разных оттенков. Это важно, поскольку отчасти решается вопрос утилизации отходов стекольной промышленности.

Таким образом, «фьюзинг» представляет собой процесс сплавления нескольких стеклянных элементов в печи и состоит из последовательных операций: нагревание с определенной скоростью, выдержка при максимальной температуре, затем быстрое охлаждение до температуры отжига, выдержка при этой температуре для снятия остаточных напряжений в стекле и охлаждение до комнатной температуры.

Целью исследовательской работы являлось изучение тепловых свойств стекол, без чего невозможно избежать брака при изготовлении изделий, связанного с растрескиванием. Необходимо изучить, насколько согласованы по тепловому расширению слои стекла (цветные прозрачные, глушеные и бесцветные); отработать температурно-временной режим спекания и отжига.

За время работы были исследованы более 40 образцов стекол отечественного и зарубежного производства, определен химический состав представленных стекол, теоретически для них рассчитаны по методу Аппена теплофизические свойства. Экспериментально исследовали тепловое расширение на dilatометре ДКВ-4: по dilatометрическим кривым определены характеристические температуры стеклования  $T_g$  и начала размягчения  $T_w$ , рассчитаны термические коэффициенты линейного расширения (ТКЛР). Данные представлены в таблицах 1 и 2.

Зная температуру стеклования, можно определить высшую температуру отжига и рассчитать весь режим отжига, что оказалось на поверку очень непростым делом, т.к. в спекании «участвуют» стекла разной толщины и разного химического состава. По температуре размягчения отдельного стекла определяли самую высокую «точку» собственно спекания всего изделия.

Таблица 1

## Теплофизические свойства отечественного листового стекла

Страна-производитель	ТКЛР·10 <sup>7</sup> , 1/град	T <sub>g</sub> , °C	T <sub>ω</sub> , °C	Внешний вид, цвет
Старь – стекло Россия	87	464	560	прозрачное
	95	468	500	красное
	95	508	540	темно-зеленое
	96	344	540	лимонное
	97	452	520	желто-коричневое
	97	416	520	голубое
	98	372	540	охра
	98	372	540	бежевое
	101	396	540	фиолетовое
Ирбит	88	496	540	бесцветное
Бор	88	404	560	бесцветное
Саратов	96	488	560	прозрачное серое
	100	508	560	прозрачное бежевое
Белоруссия	96	344	540	прозрачное желто-коричневое

Таблица 2

## Теплофизические свойства зарубежного листового стекла

Страна-производитель	ТКЛР·10 <sup>7</sup> , 1/град	T <sub>g</sub> , °C	T <sub>ω</sub> , °C	Внешний вид, цвет
1. США	95	500	560	прозрачное
	100	440	520	бесцветное
	102	460	520	фиолетовое
	103	392	460	темно-зеленое
	105	360	460	лимонное
	105	396	500	красное
	105	396	500	голубое
	108	464	500	желто-коричневое
США	89	480	520	глушеное
	90	470	540	бело-фиолетовое
	90	486	530	синее
	92	430	490	фиолетовое
	94	428	520	желтое
	97	410	520	белое
	98	440	520	зеленое
	98	433	510	сине-зеленое
	98	440	540	бордовое
	101	447	500	бело-голубое
	101	447	500	оранжевое
	104	410	510	бордово-синее
2. Германия	89	448	560	прозрачное серое
3. Польша	90	468	560	прозрачное охра
	97	400	560	бесцветное
4. Китай	93	392	580	бесцветное
5. Чехия	96	476	580	бесцветное

Анализируя полученные на этом этапе экспериментальной работы данные, можно сделать выводы, а также дать некоторые рекомендации производителям художественных накладных стеклоизделий.

Многообразием цвета отличаются Старь-стекло (интервал значений ТКЛР для этих стекол составляет  $(87 \div 101) \cdot 10^{-7}$  1/град, причем самое высокое значение – для бесцветного стекла) и стекла американского производства, значения ТКЛР у которых – самые высокие для цветного, бесцветное стекло имеет низкое значение ТКЛР. Следовательно, при спекании цветного Старь-стекла и американского бесцветного, польского или чешского будет достигнута согласованность по тепловому расширению, их можно рекомендовать для спекания между собой. Наиболее приемлемо (надежно) спекание деталей одного и того же стекла разных толщин с получением различных форм и орнаментов, добиваясь игры света, например, при изготовлении строительной плитки.

На практике возникают большие трудности со спеканием стекол красных (самое низкое значение ТКЛР) и желтых оттенков с другим цветом, что связано с отличием их химического состава. При высоких температурах и продолжительном цикле спекания значительно повышаются потери красителя, ухудшаются цветовые характеристики стекла.

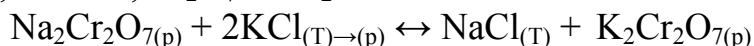
Определены температуры отжига для каждого образца. Высшая температура отжига для большинства непрозрачных стекол лежит в интервале 480–530 °С, для прозрачных – в интервале 500–550 °С.

Практические результаты показали, что согласованность слоев стекол по термическому расширению, а также правильно проведенный отжиг, существенно влияют на качество художественных изделий.

## **АНАЛИЗ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИХРОМАТА КАЛИЯ**

*Шакирова А. Н., Коснырев Г. Т.  
УрФУ*

Бихромат калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) – один из многотоннажных хромовых продуктов, широко используемый во многих отраслях промышленности и других сферах производства и потребления. Наиболее рациональным способом его производства является синтез по обменной реакции в четырехкомпонентной взаимной системе  $Na^+, K^+ / Cl^-, Cr_2O_7^{2-} - H_2O$



В соответствии с диаграммой фазового равновесия в интервале температур 25–110 °С стабильной парой солей будут  $K_2Cr_2O_7$  и  $NaCl$ . Наименьшей растворимостью при этом обладает бихромат калия. Однако даже при охлаждении горячей суспензии до 25–32 °С обменного разложения в ней остается значительное количество как непрореагировавшего  $Na_2Cr_2O_7$ , так и растворенного  $K_2Cr_2O_7$  в маточном растворе, что обуславливает необходимость возвращения бихроматов «в голову» процесса.